

# WDM 망에서의 준-동적 연결 복구 기법

황초영

안양대학교 디지털미디어공학과  
hyhwang@aycc.anyang.ac.kr

## Semi-Dynamic WDM Network Restoration

Hoyoung Hwang

Dept. of Digital Media Engineering, Anyang University

### 요 약

이 논문에서는 Semi-lightpath를 이용한 복구 경로의 준-동적 조합에 의한 WDM 망 복구 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 광파장 채널의 중단 노드간에 여러 개의 부분적인 대체 광파장 채널을 연결함으로써 복구를 수행한다. 이 방법은 정적인 복구 기법과 동적인 복구 기법의 장점을 모두 수용하여 빠른 복구 속도와 복구 동작의 유연성을 동시에 제공하며, 중단간 대체 경로를 여러개의 부분적인 대체 경로로 분할함으로써 복구 경로 및 예비 대역폭의 공유 정도를 높여 통신망 자원 이용의 효율성을 높일 수 있다.

### 1. 서 론

현대 사회에서 통신망과 통신 기술에의 의존성은 갈수록 심화되고 있으며, 인터넷의 급속한 보급은 이를 더한층 가속화시키고 있다. 그러므로 고속 통신망에서의 장비 또는 기능의 일시적인 장애로 인한 통신 서비스의 중단은 전사회적으로 부정적인 파장을 미칠 수 있으며, 통신망의 고속화 및 광대역화 경향과 대량의 데이터 전송을 필요로 하는 멀티미디어 서비스의 증가는 통신 서비스 중단으로 인한 피해를 이전과는 비교할 수 없을 정도로 크게 하고 있다. 따라서 대용량 데이터 전송을 수행하는 WDM 기반의 차세대 광통신망에서는 장애를 신속하게 복구하여 사용자에게 지속적인 서비스의 제공을 보장하는 통신망 보호 또는 복구 기술은 설계와 구현에 있어 필수적인 요소이다.

본 논문에서는 대용량 WDM 광통신망에서 장애가 발생하였을 경우 이를 효율적으로 복구할 수 있는 기법에 대해 연구한다. 본 논문에서는 보다 적은 통신망 자원을 이용해 높은 복구율을 얻을 수 있도록 복구 기술의 효율성을 극대화하는 것과 다중 장애 발생시의 복구 견고성을 향상시키는 것을 연구의 중점 목표로 한다. 복구 방법의 효율성은 목표로 하는 복구율을 얻기 위해 필요한 예비 자원의 양에 의해 결정되며, 효율성을 높이기 위한 기본적인 방법은 예비 자원의 공유이다. 이를 위해 복구 경로의 준-동적 (semi-dynamic) 조합에 의한 복구 기법을 제안한다. 이 방법은 중단간 단일 복구 경로가 아닌 여러 개의 복구 경로를 준-동적으로 조합함으로써 대체 경로 설정과 중단간 복구를 수행한다. 이 기법은 정적인 복구 기법과 동적인 복구 기법의 장점을 모두 수용하여 빠른

복구 속도를 가지면서 동시에 복구의 유연성을 가질 수 있도록 준-동적으로 설계되었다. 즉 중단간 단일한 복구용 Lightpath를 사전에 설정하지 않고, 장애 감지 이후에 부분 경로의 조합에 의해 다단계의 광파장을 이용한 복구 경로인 Semi-Lightpath를 설립함으로써 정적인 방법이 가지는 유연성의 한계를 극복할 수 있도록 한다. 이 때 중단간 대체 경로의 설정은 미리 준비된 부분적인 복구 경로를 이용해 여러가지 가능한 대체 경로중 최적의 것을 조합하는 준-동적인 과정이므로 동적인 기법이 가지는 복잡한 동작과 느린 복구 속도를 극복할 수 있다. 제안된 준-동적 복구 기법은 중단간 복구 경로를 여러개의 부분적인 경로로 분할함으로써 복구 경로 및 예비 대역폭의 동시 공유 가능성을 높일 수 있고 따라서 예비 자원의 효율성을 제공한다.

### 2. 준-동적 복구 기법

통신망 복구 기법은 대체 경로의 설정 시기에 따라서 정적인 기법과 동적인 기법으로 구분할 수 있다. 표1.에 기술한 바와 같이 정적인 복구 기법과 동적인 복구 기법은 상호 보완적인 장단점을 가지고 있다. 정적인 기법은 복구의 보장성, 간단한 복구 동작, 빠른 복구 속도에서 장점을 가지며 예비 자원의 소비와 관리, 그리고 복구의 유연성과 견고성에서 단점을 가진다. 동적인 기법은 이와 반대로 뛰어난 복구 유연성과 견고성을 가지나 복구의 보장성과 복구 속도 면에서는 단점을 가진다. 따라서 보다 향상된 통신망 복구 방법으로서 두 가지 기법의 장점을 취할 수 있는 새로운 기법이 요구된다. 이를 위해 대체 경로를 준동적으로 조합함으로써 단단하고 빠른 동작과 함

계 복구의 유연성을 가질 수 있도록 준-동적인 복구 기법을 제안한다.

표 1. 정적인 기법과 동적인 기법의 비교

성능 특성	정적 기법	동적 기법
자원 예약 비용	높음	낮음
복구의 유연성	낮음	높음
대체 경로 관리 비용	높음	낮음
복구 동작 및 메시지	간단	복잡
복구 속도	빠름	느림
복구의 보장성	높음	낮음

WDM 망에서는 출발지 노드와 목적지 노드 사이에 최적의 경로를 따라 단일한 광파장이 할당되며 이는 종단간 투명한 광전송로(Lightpath)를 제공한다. 종단간 대체 경로로서 하나의 Lightpath 설립을 위해서는 대체 경로를 이루는 모든 부분 경로들이 단일한 광파장을 사용해야 한다. 그러나 현실적으로 여러개의 부분 경로에 걸쳐 사용 가능한 단일한 광파장을 찾는 일은 매우 어려운 일이다. 그러므로 WDM 망에서의 준-동적인 복구 구조를 가능하게 하기 위하여 Semi-Lightpath 개념을 이용한다. 출발지와 목적지 노드 사이에 하나 또는 그 이상의 서로 다른 연속적인 Lightpath들을 결합하여 설립된 전송로를 Semi-Lightpath라고 하며 종단간 단일한 광파장을 사용하는 Lightpath도 Semi-Lightpath의 특수한 경우로 볼 수 있다. 이때 Semi-Lightpath를 이루는 연속적인 Lightpath들은 단일한 광파장을 이용하지 않아도 되며 각 Lightpath의 종단점 노드가 되는 광교환 노드(OXC)에서 다른 광파장으로의 트래픽 교환이 이루어진다. 이러한 Semi-Lightpath를 이용한 경로 설정 방법은 단일한 종단간 Lightpath를 이용한 방법보다 유연성을 높여 경로 설정 실패 확률(call blocking probability)을 낮출 수 있다 [1].

WDM 망에서 준-동적 복구 기법을 위한 부분 경로의 설립에는 Semi-Lightpath를 이용한 경로 설정 방법을 사용한다. 각각의 부분 경로의 설립에는 단일한 광파장을 가지는 Lightpath가 이용되며 이러한 부분 경로를 조합하여 종단간 대체 경로를 설립하기 위해 종단간 Semi-Lightpath가 이용된다. 따라서 하나의 종단간 대체 경로를 이루는 부분 경로들 모두가 단일한 광파장을 사용해야 할 필요가 없으며, 부분 경로를 이루는 Lightpath들은 서로 다른 대체 경로를 조합하는데 공유될 수 있다. 존의 연구에서 Semi-Lightpath를 이용한 WDM 망 복구는 연구가 미진하며 준-동적 복구 기법은 Semi-Lightpath의 장점을 통신망 복구에 이용할 수 있는 새로운 연구방법을 제공한다.

그림 1.은 기존의 정적인 방법과 비교하여 제안된 준-동적 복구 기법의 특성을 보여준다. 그림에서 굵은 실선은 정상적인 서비스 경로를 표시하며, 정선은 부분은 복구 경로를 표시한다. 기존의 정적인 복구 기법에서는 (a)에 나타난 것처럼 정상적인 서비스 경로 (1-2-4-6)에 대하여 하나의 종단간 대체 경로 (1-3-5-6)이 출발지 노드와 목적지 노드 사이에 미리 설정된다. 그림처럼 한 링크

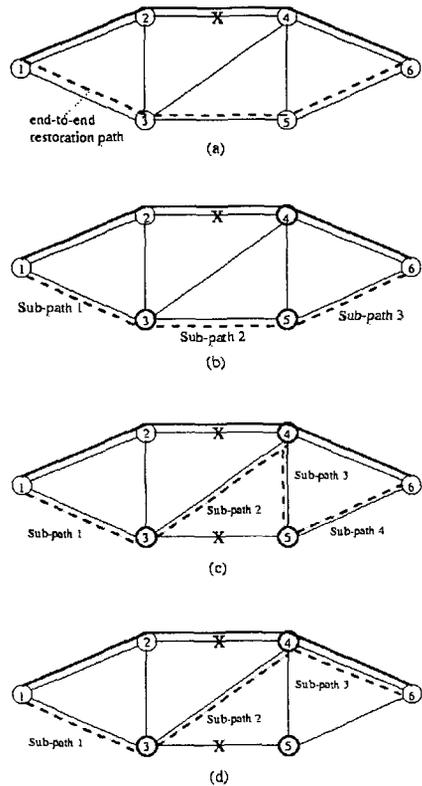


그림 1. 준-동적 복구경로의 구성

(2-4)가 손실된 경우, 정적인 복구 기법은 미리 설정된 대체경로를 통해 빠른 복구를 수행할 수 있다. 이러한 정적인 대체 경로는 단일 링크 장애에 대하여 보장된 복구를 수행하기 위해 정상적인 경로와는 링크의 공유가 없는 완전히 독립적인 경로를 가져야 하며, 또한 정상적인 연결마다 하나의 대체 경로가 설정되는 1:1 대응 구조를 가져야 한다. 만약 다중 장애가 발생하여 대체 경로상의 링크, 즉 (1-3), (3-5), (5-6) 중의 하나가 정상적인 경로상의 링크와 함께 손실된다면 복구가 수행될 수 없다. 제안된 복구 기법에서는 (b)에서 보이는 바와 같이 정상적인 경로를 복구하기 위하여 3개의 부분적인 경로(sub-path), 즉 (1-3), (3-5), (5-6)을 조합하여 출발지 노드와 목적지 노드간의 대체 경로를 설립한다. 각각의 부분 경로는 사전에 설정되며 이들의 조합을 통해 종단간 대체 경로가 설정된다. 이때 종단간 대체 경로의 조합은 단일 링크 장애에 대비한 최적의 경로를 미리 계산하여 사전에 수행될 수 있다. 그러나 준-동적인 복구 기법에서는 (b)에서 보인 대체 경로가 유일한 선택이 아니며 다른 경로의 선택이 가능한데, 이는 종단간 복구 경로의 조합이 장애 발생 이후에 동적으로도 수행될 수 있기 때문이다. 그림 1.의 (c)와 같이 두개의 링크가 동시에 손실되었다면 (b)에서와 같은 경로로는 복구를 수행할 수 없게 된다. 따라서 표시된 것과 같이 다른 부분경로의 조합, 즉 (1-3),

(3-4), (4-5), (5-6)의 4개의 부분 경로의 조합을 통해 두개의 링크 손실에 대한 대체 경로를 구성할 수 있다. 또한 제안된 복구 기법에서는 정상적인 경로와 대체 경로가 완전히 독립적이지 않을 수 있다. (d)에서와 같이 정상적인 경로와 링크를 부분적으로 공유하는 경로 (1-3), (3-4), (4-6)이 대체 경로로 선택될 수 있으며 이 경우 링크 (4-6)은 재사용된다. 이렇듯 일부 링크의 재사용으로 인하여 중단간 복구 경로에 필요한 부분경로의 수를 줄일 수 있고 따라서 예비 대역폭 비율도 낮출 수 있다.

3. 성능 평가

복구 경로의 준-동적 조합을 이용한 복구 기법의 성능을 실험하기 위해 4개의 통신망 토폴로지에서 시뮬레이션을 수행하였으며 제안된 기법의 성능을 비교하기 위해 (1) 배타적인 (Dedicated) 자원 할당을 수행하는 중단간 복구 기법과 (2) 공유 (Shared) 자원 할당을 수행하는 중단간 복구 기법을 준-동적인 복구 기법과 비교하였다. 비교 대상으로 사용된 두 가지 기법은 모두 최단 경로 (Shortest path) 알고리즘을 이용한 정적인 대체 경로의 설정을 수행한다. WDM 망을 가정하면 (1)의 방법은 광파장의 공유가 전혀 없는 투명한 망, 즉 광파장 변환이 허용되지 않는 All-optical 망에서의 복구 기법으로 사용될 수 있으며 (2)의 방법은 광파장의 링크 단위 공유가 가능한 불투명한 망, 즉 자유로운 광파장 변환이 허용되는 Opaque 망에서만 가능한 복구 기법이다. 제안된 방법은 제한적인 광파장 변환 능력을 갖는 망에 적용될 수 있다.

그림 2.는 서로 다른 토폴로지 상에서 단일 링크 장애에 대한 보장된 복구를 제공하는데 필요한 예비 대역폭 비율을 비교하였다. 이 실험에서는 트래픽 요구 사항으로 모든 노드 쌍마다 하나 이상의 경로가 설정된다고 가정하였고 정상적인 서비스 트래픽에 사용되는 대역폭을 100%로 보고 결과를 비교하였다. 이 실험의 결과를 통해 준-동적 복구 기법이 배타적인 자원 할당을 수행하는 방법에 비해서는 작게는 51% (NJ LATA의 경우), 많게는 94% (NSFNET의 경우) 까지 예비 대역폭 비율을 감소시킬 수 있다. 또 공유 자원 할당을 수행하는 방법에 비해서는 약 7%까지의 예비 대역폭 비율의 감소를 보였다. 이러한 예비 대역폭 비율의 감소는 부분 복구 경로를 이용해 대체 경로 및 예비 대역폭의 공유 정도를 높임으로써 가능하였으며, 제안된 방법은 공유 자원 할당을 수행하는 방법에 비해서도 이득이 있다는 것을 알 수 있다.

그림 3.은 정상적인 경로의 길이와, 정적인 중단간 복구 방법에서 사용하는 최단 경로 알고리즘을 이용한 대체 경로의 길이, 그리고 부분 경로의 조합을 통해 구성된 대체 경로의 길이를 비교하였다. 이 결과를 통하여 부분 경로를 이용한 대체 경로의 구성이 최단경로 알고리즘을 사용한 대체 경로의 구성보다 4.3%에서 10.8% 정도 더 길어진다는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 제안된 방법이 링크 단위의 경로 설정이 아니라 미리 설정된 부분 경로의 단위로 경로 설정을 수행하므로 생기는 경로 최적성의 감소이다. 그러나 그림 3.에서 나타난 정도의 차이는 복구된 서비스의 품질에 거의 영향을 주지 않는 범위이며,

따라서 부분 경로의 조합을 통한 복구 방법이 대체 경로의 최적성에 미치는 영향은 크지 않음을 확인할 수 있다

4. 결론

본 논문에서는 기존의 정적 복구 기법과 동적 복구 기법의 장점을 취하기 위한 새로운 방법으로서 준-동적 복구 기법을 제안하였으며, 그 구현 방법으로 Semi-Lightpath에 기반한 복구 경로 조합을 제시하였다. 성능 실험 결과 준-동적 방법을 사용함으로써 효율적인 대역폭의 사용이 가능하며, 최단 경로를 사용한 정적 방법과 비교해 경로 길이의 연장도 크지 않음을 보였다.

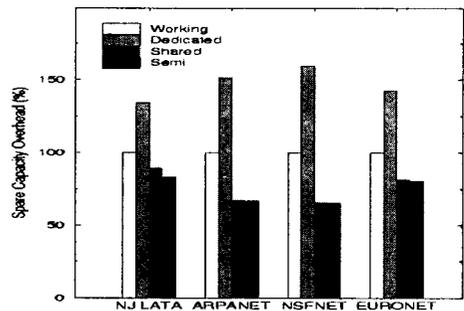


그림 2. 예비 대역폭 오버헤드 비교

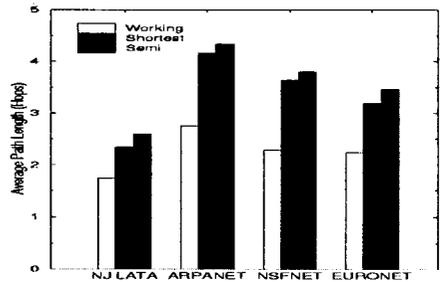


그림 3. 복구 경로의 길이 비교

참고문헌

[1] I. Chlamgtac, A. Farago, T. Zhang, Lightpath Routing in Large WDM Networks, IEEE JSAC, Vol. 14, No. 5, pp.909-913, Jun. 1996  
 [2] S. Ramamuthy, B. Mukherjee, Survivable WDM Mesh Networks, Part II - Restoration, In Proceedings of ICC97, pp.2023-2030, Jun. 1997